Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, p. 223-238

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۳۸-۲۲۳

مقاله علمی-پژوهشی

اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران

زهرا ملکوتی خواه[۱]- زکریا فرج زاده[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶

چکیده

شواهد نشان می‌دهد در دهه‌های آینده، تغییر اقلیم به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه را با پیامدهای زیان‌بار مواجه خواهد نمود. با توجه به اهمیت پیامدهای تغییر اقلیم، این مطالعه با هدف تحلیل اثر این پدیده بر رشد اقتصادی ایران صورت گرفت. برای این منظور از الگوی رشد نئوکلاسیک سولو-سوان استفاده گردید. به‌منظور دست‌یابی به هدف مطالعه از داده‌های سری-زمانی دوره ۱۳۹۵-۱۳۵۰ استفاده شد. متغیر بیانگر تغییر اقلیم در قالب تابع خسارت یا زیان در مدل رشد وارد شد که در آن خسارت تابعی از درجه حرارت می‌باشد. در مدل رشد افزون بر سرمایه فیزیکی انواع دیگر سرمایه شامل سرمایه انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز لحاظ شد. نتایج نشان داد در ازاء یک درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما، انتظار می‌رود تولید به میزان ۶/۶-۵ درصد کاهش یابد. کشش تولید نسبت به سرمایه فیزیکی به‌عنوان مهم‌ترین متغیر مساعدت‌کننده به تولید عمدتاً در حدود ۰/۱۶-۰/۰۸ محاسبه شد. دامنه متناظر برای سرمایه انسانی ۰/۰۶-۰/۰۲ و برای سرمایه اجتماعی ۰/۰۸-۰/۰۳ به‌دست آمد، اما مساعدت سرمایه زیست‌محیطی چندان حایز اهمیت نبود. اثر سرمایه‌گذاری خارجی بر رشد اقتصادی فاقد اهمیت آماری بود اما اثر مثبت شاخص بازبودن تجارت احراز گردید.

طبقه‌بندی JEL: Q54, O13, O47, R11
واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، دما، سرمایه، مدل رشد سولو

مقدمه

تغییر اقلیم به هرگونه تغییر در وضعیت اقلیمی اطلاق می‌شود که از طریق تغییرات در مقادیر میانگین یا تغییرپذیری در مشخصات آن (به وسیله‌ی آزمون‌های آماری) قابل شناسایی باشد و برای دوره زمانی معین (معمولاً یک دهه یا بیش‌تر) ادامه یابد. این تعریف شامل هر نوع تغییر اقلیم رخ‌داده در طول زمان خواه به‌صورت طبیعی خواه با دخالت بشر می‌شود (۳۷). تغییر دما و بارش به‌عنوان دو مؤلفه‌ی مهم تغییر اقلیم محسوب می‌شوند.

با توجه به تأثیرات گسترده، امروزه از تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست‌ویکم یاد می‌شود که پیامدهای جدی اقتصادی به دنبال دارد (۶۴). افزایش دمای کره‌زمین تا ۲ درجه سانتی‌گراد با خسارتی معادل یک تا ۷ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی همراه خواهد بود و درصورتی که این افزایش به ۵ درجه سانتی‌گراد برسد، ممکن است خسارت اقتصادی آن تا ۳۰ درصد تولید ناخالص داخلی جهانی برسد (۴۳). کشورهای درحال‌توسعه به این دلیل که ظرفیت پایین‌تری برای سازگاری دارند در مقابل اثرات تغییرات آب‌وهوایی آسیب‌پذیرترند (۳۸). ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. به‌ویژه این‌که تقریباً بیش از ۸۰ درصد قلمرو ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و متوسط بارندگی در ایران حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این مقدار کم‌تر از یک‌سوم متوسط بارش در دنیا (۸۶۰ میلی‌متر) است (۸۲). اثرات احتمالی تغییر اقلیم در ایران شامل افزایش دما، کاهش مقدار آب برگشت‌پذیر، کاهش سطح روان‌آب‌ها، افزایش روند خشک‌شدن تالاب‌ها، افزایش گردوخاک و طوفان‌ها، افزایش آلودگی هوا، تناوب بالای حوادث ناشی از اقلیم مانند سیل و خشک‌سالی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، میزان بالای فرسایش خاک، آسیب‌پذیری تنوع زیستی و منابع طبیعی و شیوع آفات و بیماری‌ها می‌باشد (۳۸). تأثیر تغییر اقلیم افزون بر بخش‌کشاورزی، بر رشد اقتصادی ایران نیز بسیار حایز اهمیت است. این اهمیت، هم ناشی از شرایط زیست‌محیطی نامساعد و هم به‌دلیل شرایط نامطلوب و شکننده رشد اقتصادی ایران است. درحالی‌که عمده توجه مطالعات بر تحلیل اثر تغییر اقلیم بر روی بخش‌کشاورزی متمرکز بوده است اما درکشورهای درحال‌توسعه با توجه به نقش مهم بخش‌کشاورزی در کل اقتصاد، رشد اقتصادی می‌تواند به‌شدت تحت تأثیر قرار گیرد.

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: zakariafarajzadeh@gmail.com)
DOI: 10.22067/jead2.v34i2.86135

تغییر اقلیم در بخش‌هایی مانند کشاورزی دارای اثر مستقیم است و بر عملکرد اثرگذار است (۲۹) درحالی‌که در کل اقتصاد انتظار می‌رود موجب افزایش استهلاک سرمایه شود (۲۹ و ۷۹).

مهم‌ترین چالش در راه ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای اقتصادی، دست یافتن به متغیر یا متغیرهایی جامع بیانگر این پدیده چندبعدی و پیچیده است. به‌طورکلی تعیین معیار برای آسیب‌پذیری مشکل است و پژوهش‌ها در زمینه ارزیابی شاخص‌های حساسیت و سازگاری اقلیمی در مقیاس‌های مختلف ادامه دارد (۳۵). به‌عنوان مثال سیگاریس و وود (۷۹) و هم‌چنین فانکاسر و تال (۲۹) در مطالعه رشد اقتصادی و تغییرات آب‌وهوایی، تغییرات دما را به‌عنوان تنها معیار تغییر اقلیم ذکر کرده‌اند. در مطالعات معدود در دسترس، زیان اقتصادی ناشی از تغییر اقلیم تنها با استفاده از متغیر دما ارزیابی شده است (۲۷، ۲۹ و ۷۹). از همین‌رو در مطالعه حاضر متغیر دما به‌عنوان معیار تغییر اقلیم انتخاب شده است.

بیش‌تر مطالعات داخلی به بررسی روند تغییر اقلیمی ایران با روش‌های گوناگون پرداخته‌اند که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده کاهش بارش و افزایش میانگین دما است. اما در سطح جهانی مطالعات متعددی به بررسی این پدیده از بعد اقتصادی پرداخته‌اند که در ادامه برخی از مطالعات مرور شده است.

تورلو و همکاران (۷۸) اثر اقتصادی تغییرات آب‌وهوا را با استفاده از مدل تعادل عمومی بر روی رشد اقتصادی در زامبیا بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که تغییر آب‌وهوا هزینه ۴/۳ میلیارد دلاری در یک دوره ۱۰ ساله به این کشور تحمیل می‌کند. هم‌چنین دیکسون و همکاران (۲۲) در مطالعه‌ای در استرالیا نشان دادند که خشک‌سالی، تولید ناخالص داخلی واقعی را در شرایط امکان مبادله محدود آب، تا ۱/۴۵ درصد و با امکان بیش‌تر مبادله آب، تا ۱/۲۷ درصد کاهش می دهد. منصوری (۵۰) نیز نشان داد که خشک‌سالی به طور چشم‌گیری سبب کاهش رشد اقتصادی مراکش می‌شود. شاهنوشی‌فروشانی (۷۲) نیز در مطالعه آثار خشک‌سالی بر کشاورزی و اقتصاد ایران نشان داد که خشک‌سالی موجب افزایش هزینه تولید در بخش کشاورزی شده و با ایجاد شوک، باعث کاهش سرمایه‌گذاری بخش‌های مختلف اقتصادی و در نتیجه تولید ناخالص داخلی می‌شود. نتایج مطالعه هوانگ و همکاران (۳۶) در منطقه شمال‌غربی ویتنام نشان داد که درآمد خالص خانوار به‌دلیل افزایش دما و بارندگی در فصل خشک کاهش می‌یابد. آهیم و همکاران (۱) تأثیر تغییرات اقلیم را بر اقتصادهای اروپایی با استفاده از یک مدل تعادل عمومی ارزیابی کردند. نتایج حاکی از اثر مثبت افزایش ۲ درجه سانتی‌گرادی دما بر تولید ناخالص داخلی در برخی مناطق و اثر منفی در برخی دیگر بود.

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تولید در سطح کل اقتصاد عمدتاً به مطالعات تعادل عمومی ایستا محدود می‌شود. از سوی دیگر در مدل‌های رشد نئوکلاسیکی که دارای ماهیت پویا هستند تمرکز بیش‌تری بر روی انواع سرمایه صورت گرفته است. در ادامه مطالعات معدود در دسترس که به تحلیل اثر تغییر اقلیم با استفاده از مدل رشد نئوکلاسیکی پرداخته‌اند، اشاره شده است.

در مطالعه تغییرات آب‌وهوایی و رشد اقتصادی، فانکاسر و تال (۲۹) اثرات غیرمستقیم تغییر اقلیم را در مقایسه با اثرات مستقیم آن مهم‌تر ارزیابی کردند. در واقع در یک نرخ پس‌انداز ثابت، کاهش تولید ناشی از تغییر اقلیم منجر به کاهش سرمایه‌گذاری می‌شود که این موجب کاهش تولید در آینده می‌گردد. هم‌چنین در مطالعه دو و همکاران (۲۴) نتایج نشان داد افزایش دما تأثیر منفی بر رشد اقتصادی ایالات متحده و اتحادیه اروپا دارد. این مطالعات بیش از آن‌که از منظر پیامدهای تغییر اقلیم حایز اهمیت باشند از نظر روش کمی مورد استفاده درخور توجه‌اند. در این مطالعه افزون بر این‌که پدیده تغییر اقلیم از طریق متغیر دما مورد توجه قرار گرفت، سایر عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی نیز به الگوی تحلیل وارد شد.

برخلاف متغیرهای بیانگر تغییر اقلیم، در خصوص تحلیل اثر متغیرهای سرمایه‌ای شامل سرمایه فیزیکی، انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر رشد اقتصادی مطالعات زیادی وجود دارد. نتایج مطالعه شاه‌آبادی (۷۱) نشان داد که موجودی سرمایه فیزیکی تأثیر مهمی بر رشد اقتصادی دارد. هم‌چنین فرج‌زاده و همکاران (۳۱) کشش تولید نسبت به سرمایه فیزیکی را در اقتصاد ایران ۰/۲۹-۰/۱۲ درصد برآورد نمودند. همچنین آلارو و میگوئل (۷) بازده سرمایه فیزیکی را ۲۶/۷ – ۱۸/۵ درصد برآورد کردند. نتایج مطالعه مو (۵۴) نیز فرضیه بازدهی غیرنزولی نسبت به سرمایه فیزیکی را در کره جنوبی تأیید نکرد. هم‌چنین الماسی و همکاران (۶) در بلندمدت اثر افزایش انباشت سرمایه‌های فیزیکی بر رشد اقتصادی ایران را مثبت و معنی‌دار ارزیابی نمودند.

برخلاف سرمایه فیزیکی در خصوص سرمایه انسانی[۱] یافته‌ها دارای تفاوت زیادی می‌باشد. مهم‌ترین علت این تفاوت تنوع در شاخص‌های مورد استفاده است. به‌عنوان مثال نیلی و نفیسی (۵۸) نشان دادند با افزایش پراکندگی سال‌های تحصیل شاغلان، رشد اقتصادی کاهش پیدا کرده است. هم‌چنین علمی و جمشیدنژاد (۲۵) به این نتیجه رسیدند که سال‌های آموزش نیروی‌کار شاغل تأثیر مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی ایران دارد. افضل و همکاران (۴) نیز نشان دادند در پاکستان رابطه علّی میان تمام سطوح آموزش با رشد اقتصادی وجود دارد. برخلاف مطالعات فوق نتایج مطالعه سوری (۷۵) نشان داد که تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی معنادار نیست.

۱- سرمایه انسانی به هرگونه آموزش برای ارتقاء مهارت نیروی‌کار گفته می‌شود که باعث افزایش بهره‌وری نیروی‌کار می‌گردد. سرمایه انسانی به معنی ارتقای توانایی‌های اکتسابی افراد است و قدرت تولید و بازدهی افراد را به صورت درون‌زا افزایش می‌دهد (۶۵).

مطالعه گنگداگ و رمبالدی (۳۳) نیز نشان داد که اثر سرمایه‌گذاری در آموزش و پرورش بر رشد اقتصادی درکشورهای درحال‌توسعه پایین است.

در مورد سرمایه اجتماعی[۱] با وجود تنوع در شاخص‌های مورد استفاده، اثر مثبت آن در مطالعات گوناگونی دیده می‌شود. به‌عنوان مثال یافته‌های مطالعه ایشیزه و سوادا (۴۱) برای گروه متنوع از کشورهای جهان حاکی از نقش مثبت سرمایه اجتماعی در رشد اقتصادی می‌باشد. در ایران نیز رحمانی و امیری (۶۱) تأثیر کاهش سرمایه اجتماعی (اعتماد) را بر رشد اقتصادی منفی ارزیابی کرده‌اند. هم‌چنین سوری (۷۶) رابطه میان چک‌های بلامحل و رشد اقتصادی را منفی گزارش کرد. طی مطالعه‌ای بر روی ۵۴ منطقه اروپایی، بوگلسدیک و شایک (۱۶) به این نتیجه دست یافتند که بین فعالیت‌های مشارکتی و رشد اقتصادی منطقه رابطه مثبت وجود دارد. دیندا (۲۱) نیز با استفاده از شاخص اعتماد، نشان داد سرمایه اجتماعی اثر مثبت بر سطح درآمد دارد.

علی‌رغم ورود انواع متعدد سرمایه به مدل‌ها اما در برخی موارد علت تفاوت میان کشورها از نظر درآمد سرانه روشن نیست. در این راستا گروهی از مطالعات نیز اخیراً نقش محیط‌زیست را به عنوان شق دیگری از سرمایه در تبیین این تفاوت مؤثر می‌دانند. کاستانتینی و مونی (۲۰) نشان دادند نقش منابع طبیعی، شامل موجودی منابع کشاورزی و موجودی منابع معدنی و سوخت‌های فسیلی بدون انجام سرمایه‌گذاری‌های مکمل بسیار محدود خواهد بود. بلانکو وگریر (۱۷) نیز در مورد نفت به عنوان یکی از منابع طبیعی به یافته مشابهی دست یافتند. در ایران نیز رضایی و همکاران (۶۶) وفور منابع طبیعی به شکل نفت و گاز را عامل کاهش رشد اقتصادی عنوان کرده‌اند. اما جعفری و همکاران (۴۲) این اثرگذاری را تابعی از زیر ساخت‌های اجتماعی می‌دانند. هم‌چنین پورفرج و خالقیان (۶۰) نشان دادند که صادرات نفتی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک اثر بسیار محدود دارد.[۲]

هدف مطالعه حاضر تحلیل اثر تغییر اقلیم بر روی رشد اقتصادی ایران است که با استفاده از مدل رشد نئوکلاسیک سولو یا سولو – سوان صورت گرفته است. در مدل رشد نئوکلاسیکی افزون بر متغیر بیانگر تغییر اقلیم از متغیرهای اصلی این مدل شامل سرمایه فیزیکی، انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی بهره گرفته شد. مهمترین وجه تمایز این مطالعه با مطالعات مشابه موجود، تلفیق متغیر تغییر اقلیم با مدل رشد سولو است که بصورت متغیر خسارت در تابع تولید وارد و اثرگذاری آن بر مسیر رشد متوازن ارزیابی شده است. ویژگی متمایز دیگر مطالعه، لحاظ کردن تکنولوژی افزون بر بهره‌وری نیروی‌کار، به‌صورت سرریز از طریق تجارت است.

مبانی نظری و روش تحقیق

برای ارزیابی اثر تغییر اقلیم از مدل رشد نئوکلاسیکی سولو ـ سوان[۳] استفاده شد. در این مدل، تابع تولید کاب ـ داگلاس با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در نظر گرفته می‌شود[۴]. با فرض وجود تنها شکل سرمایه یعنی سرمایه فیزیکی، در هر زمان اقتصاد مقداری از سه نهاده سرمایه (K)، نیروی‌کار (L) و دانش فنی یا کارایی نیروی‌کار (A) را با هم ترکیب و کالا تولید کرده و این کالای همگن، مصرف یا سرمایه‌گذاری می‌شود. تابع تولید به صورت رابطه (۱) است (۴۱):

$$Y_t = f(K_t\,, A_t L_t) = K_t^{\alpha}(AL_t)^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1 \qquad (۱)$$

که در آن Y تولید یا محصول کل، t نشان‌دهنده زمان و α پارامتر نشان‌دهنده سهم نهاده سرمایه در تولید است. در ادامه به‌منظور ساده‌تر نمودن تعقیب مطالب، پانویس t حذف شده است. با تقسیم هر دو طرف معادله (۱) بر نیروی‌کار مؤثر به تابع تولید سرانه نیروی‌کار مؤثر دست خواهیم یافت:

$$\frac{Y}{AL} \equiv f(k) = \left(\frac{K}{AL}\right)^{\alpha} \rightarrow f(k) = k^{\alpha} \quad \text{یا} \quad y = k^{\alpha} \qquad (۲)$$

که در آن k سرمایه سرانه نیروی کار مؤثر است. دومین معادله مدل رشد سولو، معادله انباشت سرمایه است (۴۱):

$$\frac{dk_t}{dt} \equiv \dot{k}_t = sf(k_t) - (n+g+\delta)k_t \qquad (۳)$$

که درآن g نرخ پیشرفت تکنولوژی، δ نرخ استهلاک سرمایه، n نرخ رشد نیروی‌کار و s بیانگر نرخ پس‌انداز برونزا است. در این مدل هر اقتصاد در بلندمدت به مسیر رشد متوازن هم‌گرا می‌شود. وضعیت پایدار زمانی است که در آن k و y با نرخ ثابت صفر رشد می‌کنند. بنابراین خواهیم داشت (۴۱):

$$\dot{k}_t = {}^{dk}/_{dt} = 0 \Rightarrow sf(k_t^*) = (n+g+\delta)k_t^* \Rightarrow sk_t^{*\alpha} = (n+g+\delta)k_t^* \Rightarrow k^* = \left[\frac{s}{n+g+\delta}\right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \qquad (۴)$$

۱- سرمایه اجتماعی شکلی غیررسمی از نهادها و سازمان‌ها است که براساس روابط اجتماعی و شبکه‌های اجتماعی تشکیل شده و یک نوع دانش مشترک، اعتماد متقابل، هنجارهای اجتماعی و قانون‌های نانوشته ایجاد می‌کنند (۴۱).

۲- در خصوص اثر بازدارنده منابع طبیعی و زیست محیطی یافته‌های برخی از مطالعات تجربی (۶۹ و ۷۰) نشان داده‌اند که منابع طبیعی تجدیدناپذیر به جای این که همانند سرمایه فیزیکی و انسانی، رشد اقتصادی را تحریک کند، تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارند.

۳- این مدل به اختصار مدل رشد سولو نامیده می‌شود.

۴- در همین خصوص یافته‌های مطالعه کشاورزی (۴۴) نشان داد تابع تولید برای اقتصاد ایران دارای بازده ثابت نسبت به مقیاس است. در مطالعه‌های متعددی به ویژه در حوزه تعادل عمومی برای اقتصاد ایران (۱۵، ۳۰ و ۳۴) استفاده از این نوع تابع تولید مشاهده می‌شود.

$$y^* \equiv f(k^*) = (k^*)^{\alpha} \rightarrow y^* = \left[\frac{s}{n+g+\delta}\right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (۵)$$

$$\ln y = \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln s - \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) \quad (۶)$$

لازم به اشاره است که مجموع متغیرهای $n+g+\delta$ در این مدل سرمایه‌گذاری سربه‌سر نامیده می‌شود و عبارت است از میزان سرمایه‌گذاری که لازم است انجام شود تا k در سطح جاری خود باقی بماند (۷۰).

افزون بر سرمایه فیزیکی انواع دیگری از سرمایه شامل سرمایه انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. رابطه متناظر با رابطه (۶) را برای انواع سرمایه به‌صورت زیر ارایه نمود (۳۱):

$$\ln y = \ln\left[\frac{Y}{AL}\right]^* = \alpha \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_k) + \beta \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_h) + \gamma \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_s) + \lambda \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_z) - \frac{\alpha+\beta+\gamma+\lambda}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(n+g+\delta)$$

(۷)

که در آن، S_k نرخ پس‌انداز سرمایه فیزیکی، S_h نرخ پس‌انداز سرمایه انسانی، S_s نرخ پس‌انداز سرمایه اجتماعی، S_z نرخ پس‌انداز سرمایه زیست‌محیطی و α، β، λ و γ پارامترهای تخمینی هستند.

لازم به ذکر است که δ برای انواع سرمایه مشابه مطالعه فرجزاده و همکاران (۳۱) یکسان در نظر گرفته شده است (۳۱).

پیامد تغییر اقلیم به‌صورت یک متغیر اثرگذار بر تولید لحاظ می‌شود. این متغیر در واقع زیان یا خسارت وارد شده به تولید را نشان می‌دهد. در مطالعات معدودی که در این خصوص وجود دارد متغیر زیان تغییر اقلیم تابعی از دما در نظر گرفته شده است. در مطالعه سیگاریس و وود (۷۹) و فانکاسر و تال (۲۹) رابطه خسارت به‌صورت زیر تعریف شده است (۲۹ و ۷۹):

$$D_t = 1/(1+\theta_1 T_t^{\theta_2}) \leq 1 \quad (۸)$$

که T_t درجه حرارت در سال t و θ_1 و θ_2 پارامترهای تغییر دما هستند و مقدار آن‌ها برابراست با:

$$\theta_1 = 0/002384 \quad \theta_2 = 2$$

اکنون مشابه آنچه در معادلات (۱) تا (۶) ارایه شد می‌توان شرایط تعادلی الگوی سولو- سوان را برای شرایط توأم با اثر تغییر اقلیم بصورت زیر نوشت (۱۱):

$$Y = D_t K_t^{\alpha} A L_t^{1-\alpha} \quad (۹)$$

در این معادله D تابع خسارت است که متغیر بیانگر تغییر اقلیم و نشان‌دهنده اثر منفی تغییر دما (T) در تولید است. اکنون رابطه متناظر با رابطه (۶) به شکل زیر خواهد بود:

$$\ln y = \frac{1}{1-\alpha} \ln D + \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln s - \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) \quad (۱۰)$$

رابطه (۱۰) متناظر با رابطه (۶) در شرایط تغییر اقلیم است. رابطه متناظر با رابطه (۷) در شرایط تغییر اقلیم نیز به‌صورت زیر است:

$$\ln y = \ln\left[\frac{Y}{AL}\right]^* = \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln D + \alpha \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_k) + \beta \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_h) + \gamma \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_s) + \lambda \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_z) - \frac{\alpha+\beta+\gamma+\lambda}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(n+g+\delta)$$

(۱۱)

از چالش‌های مهم در مدل سولو برون‌زا فرض کردن تکنولوژی است. این شرایط موجب شده است تا در برخی از مطالعات منابعی برای ایجاد تکنولوژی ارایه شود. در برخی از مطالعات مانند رائو (۶۲) فرض شده است تکنولوژی افزون بر بروز در قالب بهره‌وری نیروی کار، به‌صورت سرریز از طریق تجارت نیز موجب رشد اقتصادی می‌شود. بر این اساس رابطه انباشت تکنولوژی به‌صورت زیر خواهد بود (۶۲):

$$A(t) = B(t) O^{\emptyset}(t) \equiv B_t O_t^{\emptyset} \quad (۱۲)$$

$$B(t) = B(0) e^{gt} \quad (۱۳)$$

که در آن O شاخص بازبودن تجارت یا سرمایه‌گذاری خارجی مستقیم و $B(0)$ مقدار انباشت تکنولوژی در دوره پایه است. شاخص بازبودن تجارت نیز به‌صورت نسبت تجارت به GDP محاسبه می‌شود. به این ترتیب روابط متناظر با روابط (۱) و (۶) به‌صورت زیر خواهد بود (۶۲):

$$Y_t = F(K_t\, A_t L_t) = K_t^{\alpha} \left(B_t O_t^{\emptyset} L_t\right)^{1-\alpha} \quad (۱۴)$$

$$\ln y = \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln s - \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) + \emptyset \ln O \quad (۱۵)$$

همچنین رابطه تعادلی در شرایط لحاظ کردن تغییرات اقلیمی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\ln y = \frac{1}{1-\alpha} \ln D_t + \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln s - \alpha \frac{1}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) + \emptyset \ln O$$

(۱۶)

در انتها نیز رابطه تعادلی در شرایط لحاظ کردن انواع سرمایه، تغییر اقلیم و تجارت به‌صورت رابطه (۱۷) می‌باشد:

$$\ln y = \ln\left[\frac{Y(t)}{A(t)L(t)}\right]^* = \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln D_t + \alpha \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_k) + \beta \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_h) + \gamma \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_s) + \lambda \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_z) - \frac{\alpha+\beta+\gamma+\lambda}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(n+g+\delta) + \emptyset \ln O$$

(۱۷)

بر اساس روابط بیان شده برای برآورد پارامترها می‌توان از رابطه (۱۸) استفاده نمود:

$$\ln\left[\frac{Y}{L}\right] = c + \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln D_t + \alpha \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_k) + \beta \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_h) + \gamma \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_s) + \lambda \frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(s_z) - \frac{\alpha+\beta+\gamma+\lambda}{1-\alpha-\beta-\gamma-\lambda} \ln(n+g+\delta) + \emptyset \ln O + \varepsilon$$

(۱۸)

داده‌ها و متغیرها

متغیر دما از پایگاه اطلاعاتی سازمان هواشناسی قابل دریافت است (۴۰). داده‌های سرمایه فیزیکی در سطح کل اقتصاد از پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی استخراج شد (۱۹). بر اساس ادبیات موجود

برای سرمایه انسانی از سه متغیر نرخ باسوادی، نرخ تغییرات تعداد دانشجویان و نرخ ثبت نام در مدارس ابتدایی استفاده شد (۳۱). این متغیرها نیز در سال‌نامه‌های آماری موجود است (۷۷). هم‌چنین نرخ تغییرات در برخورداری از خط تلفن و درصد افرادی که از اینترنت استفاده می‌کنند به‌عنوان معیاری از سرمایه اجتماعی مورد استفاده قرار گرفت[۱] (۳۱ و ۴۱). این متغیرها را نیز می‌توان از پایگاه اطلاعاتی مرکز آمار ایران به‌دست آورد (۷۷). مجدداً با مرور مطالعات موجود نرخ پس‌انداز سرمایه زیست‌محیطی به‌صورت چهار متغیر نسبت تولید کشاورزی به GDP، نسبت تولید بخش نفت به GDP، نسبت تولید بخش معدن به GDP و ارزش تولید نهایی منابع طبیعی در نظر گرفته شد (۱۷، ۲۰ و ۳۱). برای محاسبه سه متغیر اول از داده‌های پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی استفاده شد (۱۹). برای محاسبه ارزش تولید نهایی منابع طبیعی[۲] نیز اطلاعات انتشار CO_2 از ترازنامه انرژی استخراج شد (۳۹). از متغیرهای مهم دیگر نیروی‌کار و سطح تجارت است که از پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی قابل جمع‌آوری است (۱۹). دوره مطالعه برای تصریح‌های مدل رشد شامل سال‌های ۹۵–۱۳۵۰ است.

نتایج و بحث

در این فصل نتایج حاصل از تحقیق ارایه شده است. نتایج در قالب دو بخش تدوین شده است. در بخش نخست تغییرات روند میانگین دما در دوره منتخب مطالعه با استفاده از یک الگوی ARMA ارایه شده است. در بخش دوم نتایج حاصل از مدل رشد ارایه شده است.

روند تغییرات میانگین دما

برای تحلیل روند تغییرات متغیر دما ابتدا الگوی مناسب ARMA برآورد و سپس بر اساس مرتبه میانگین متحرک، متغیر دما در قالب شکل ۱ ترسیم گردید. لازم به اشاره است که نتایج آزمون دیکی–فولر تعمیم‌یافته حاکی از رفتار ایستا متغیر دما در سطح بود. در ادامه بر اساس روش پیشنهادی اندرس (۲۶) الگوی $ARMA(2_{1,5},2_{5,9})$ انتخاب و برآورد گردید. با توجه به مرتبه به‌دست آمده برای جمله میانگین متحرک، در تحلیل تغییرات رفتار میانگین دما از دو وقفه ۵ و ۹ استفاده گردید (نمودار ۱). هر سه میانگین ترسیم شده افزایش دما را نشان می‌دهد و مهم‌ترین تفاوت آن‌ها در دامنه نوسان است. به‌گونه‌ای که میانگین ساده نوسان بیش‌تری نشان می‌دهد و میانگین متحرک نه ساله افزایش دما را در دوره مطالعه به وضوح نشان می‌دهد. یافته‌های مطالعه اشرف‌واقفی و همکاران (۱۳) افزایش دما را در مناطق مختلف ایران در دامنه ۲/۷–۱/۱ درجه برآورد نموده است. ضرایب خوبی برازش معادله روند زمانی نیز حاکی از کاهش نوسان با افزایش افق میانگین متحرک می‌باشد.

یافته‌های مدل رشد

بر اساس ترکیب متغیرهای معرفی‌شده برای سرمایه انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی و فرض تابعیت تکنولوژی از تجارت (۸، ۵۷) در مجموع ۳۲ تصریح برای اقتصاد ایران برآورد گردید. این تصریح‌ها خود در قالب دو قسمت ارایه شده است. قسمت اول شامل تصریح‌هایی است که برای هر یک از دو متغیر سرمایه انسانی و اجتماعی تنها یک متغیر نماینده انتخاب گردید درحالی‌که برای سرمایه زیست‌محیطی تمامی چهار متغیر نماینده به‌کار گرفته شد.[۳] برای آزمون مساعدت متغیر تجارت ابتدا تصریح‌ها با حضور متغیر تجارت برآورد گردید (تصریح‌های غیرمقید) و سپس با تصریح‌هایی که بدون استفاده از این متغیر برآورد شده بود (تصریح‌های مقید) مقایسه گردید. نتایج حاصل از آزمون والد نشان داد مساعدت متغیرهای بیانگر تجارت تنها در تصریح‌هایی که از ارزش تولید نهایی ناشی از منابع طبیعی استفاده کرده بودند حایز اهمیت آماری لازم است. با توجه به نتایج این آزمون یافته‌های قسمت اول در قالب دو تصریح ارایه شده است (جدول ۱).

الگوی اول شامل تصریح‌هایی است که از دو متغیر نماینده تجارت نیز بهره می‌گیرند در حالی‌که در قسمت دوم که نتایج آن‌ها در جدول‌های (۲) تا (۶) آمده است از تمامی متغیرهای معرفی‌شده برای سرمایه انسانی و اجتماعی نیز بهره گرفته شد. لازم به اشاره است که در تمام تصریح‌های برآورد شده با توجه به خودهم‌بستگی میان جملات اخلال، از وقفه مرتبه اول متغیر وابسته استفاده گردید که در ادامه با توجه به درون‌زایی این متغیر (۱۴) از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM[۴]) بهره گرفته شد. با توجه به این‌که داده‌های مورد استفاده سری زمانی بودند، لذا ابتدا رفتار آماری آنها به لحاظ

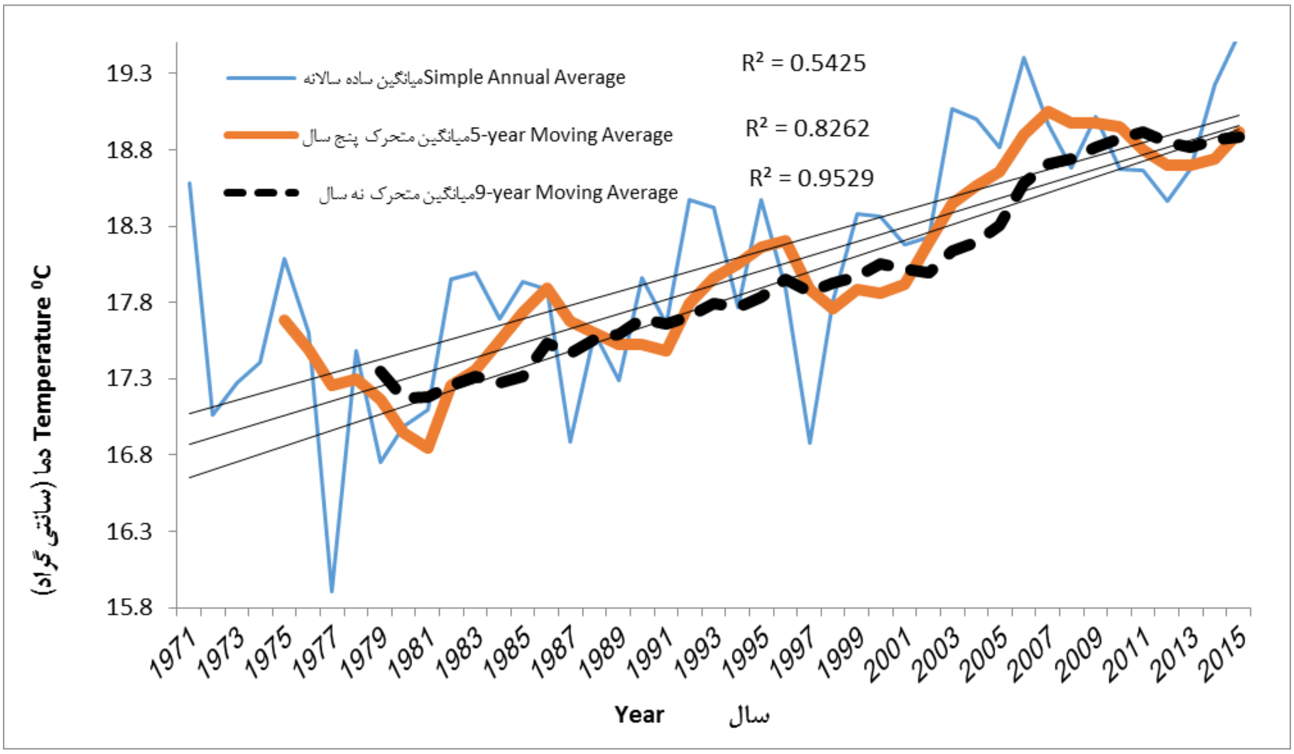
۱– این دو متغیر بر اساس ابعاد مطرح در تعریف سرمایه اجتماعی که بصورت سازمان اجتماعی از شبکه‌ها (۵۹) و همچنین ارتباطات اجتماعی و ارتباط متقابل میان افراد (۴۱) تعریف می‌شود و همچنین بر اساس ارزیابی مطالعه فرج‌زاده و همکاران (۳۱) از مطالعات پیشین انتخاب شده‌اند.

۲– در صورتی‌که ارزش تولید نهایی ناشی از منابع طبیعی برابر با P_z باشد آنگاه سهم نهاده منابع طبیعی (Z) از GDP برای سال t به صورت $s_{zt} = p_z Z_t / GDP_t$ خواهد بود (۸۰). ارزش تولید نهایی معادل زیان ناشی از انتشار CO_2 می‌باشد.

۳– لازم به اشاره است که به‌علت ارتباط نزدیک سرمایه زیست‌محیطی و متغیرهای اقلیمی، تمام چهار شاخص برای سرمایه زیست‌محیطی در قسمت اول مورد بررسی قرار گرفته است.

4- Generalized Method of Moments

ایستایی با استفاده از آزمون ریشه واحد ارزیابی گردید. نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرها نشان داد از میان متغیرهای مورد استفاده به جز متغیرهای نسبت تولید کشاورزی به GDP (به عنوان متغیر بیانگر نرخ پس‌انداز سرمایه زیست‌محیطی) و شاخص بازبودن تجارت که درسطح معنی‌داری ۵ درصد ایستا هستند و هم‌چنین نرخ پس‌انداز سرمایه فیزیکی که در سطح ۱۰ درصد ایستا می‌باشد، سایر متغیرهای مورد استفاده در سطح معنی‌داری یک درصد دارای رفتاری ایستا هستند.



شکل ۱- روند تغییرات دمای میانگین ساده و میانگین متحرک در ایران

Figure 1- General trend of simple and moving average of temperature in Iran

الگوی اول (تصریح‌های مشتمل بر تجارت)

در مدل رشد سولو ضرایب مستقیم از امکان تفسیر عملیاتی و کاربردی محدودی برخوردار هستند و از همین رو تمرکز بر روی ضرایب کشش تولید نسبت به متغیر دما و انواع سرمایه خواهد بود که در قسمت انتهایی جدول نتایج آمده است. این الگو خود شامل دو تصریح است. در تصریح اول که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌عنوان متغیر تجارت مورد استفاده قرار گرفته است بر اساس ضریب به‌دست آمده می‌توان گفت در ازاء ۱۰ درصد افزایش سرمایه‌گذاری خارجی انتظار می‌رود تولید سرانه اقتصاد ایران حدود ۰/۴ درصد رشد را تجربه نماید. البته این رقم در سطح بالایی به نظر نمی‌رسد. در این خصوص می‌توان به چند دلیل احتمالی اشاره نمود. نخست این‌که در بسیاری از سال‌های دوره مطالعه خالص ورود سرمایه‌گذاری خارجی منفی بوده است. به این معنی که سرمایه از ایران خارج شده است (۸۱). به بیان دیگر سرمایه‌گذاری خارجی از نوسان بالایی برخوردار بوده است. نکته دیگر در این خصوص وجود تحریم‌های سنگین و طولانی‌مدت در اقتصاد ایران می‌باشد که مانع از ورود پیوسته سرمایه خارجی به ایران شده است.

مهم‌ترین متغیر الگوهای برآوردشده متغیر خسارت ناشی از تغییر آب و هوایی می‌باشد. بر اساس کشش محاسبه‌شده، با افزایش درجه حرارت به میزان یک درصد انتظار می‌رود تولید سرانه اقتصاد ایران بیش از یک درصد کاهش یابد. با توجه به میانگین دما در دوره مطالعه که برابر با ۱۸/۰۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و با عنایت به افزایش احتمالی دمای کره‌زمین که در حدود یک درجه است (۳۸) افزایش میانگین دما به میزان یک درجه می‌تواند فراتر از ۵/۶ درصد کاهش در رشد اقتصادی را موجب شود. تغییر اقلیم و ایجاد خسارت ناشی از آن از طریق کاهش بهره‌وری عوامل تولید موجب از بین رفتن پتانسیل تولید می‌شود.

در قسمت پایینی جدول مقادیر پارامترهای کشش انواع سرمایه ارایه شده است. بر این اساس می‌توان گفت یک درصد افزایش در سرمایه فیزیکی منجر به افزایش تولید به میزان بیش‌تر از ۰/۱۵ درصد خواهد شد.

جدول ۱- نتایج حاصل از تصریح عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی ایران – تصریح های مشتمل بر تجارت

Table 1- Estimation results for Iranian economic growth models (trade including models)

	تصریح اول **Model 1**			تصریح دوم **Model 2**		
متغیر **Variant**	ضریب **Coefficient**	خطای معیار **Standard error**	آماره t **t-statistics**	ضریب **Coefficient**	خطای معیار **Standard error**	آماره t **t-statistics**
عرض از مبدأ (Constant)	0.094	0.100	0.94	0.190**	0.077	2.46
متغیر خسارت (Damage variable)	1.162***	0.031	36.57	1.086***	0.006	156.58
نرخ پس‌انداز سرمایه فیزیکی (Saving rate of physical capital)	0.175***	0.030	5.78	0.129***	0.032	3.97
نرخ پس‌انداز سرمایه انسانی (تغییرات تعداد دانشجویان) Saving rate of human capital -) changes in the university (students number	0.066**	0.027	2.43	0.070***	0.018	3.90
نرخ پس‌انداز سرمایه اجتماعی (تغییرات خط تلفن) Saving rate of social capital -) (changes in the phone lines	0.042***	0.008	5.00	0.013*	0.007	1.77
نرخ پس‌انداز سرمایه زیست‌محیطی (ارزش تولید نهایی منابع طبیعی) Saving rate of environmental) capital - value of natural (resources' marginal product	-0.122***	0.026	-4.56	-0.126***	0.028	-4.40
تجارت (Trade)	0.038***	0.005	6.66	0.132**	0.044	2.95
وقفه مرتبه اول تولید سرانه (Lagged per capita production)	0.786***	0.039	19.84	0.938***	0.041	22.48
سرمایه‌گذاری سربه‌سر (Break even investment)	0.162***	0.031	5.10	0.086***	0.006	12.52

آماره‌ها	R2	Q(1)	Q(2)	J	R2	Q(1)	Q(2)	J
Statistics	0.953	2.64(0.10)	2.66(0.26)	8.70(0.89)	0.973	0.40(0.52)	0.50(0.77)	13.80(0.54)

کشش‌ها Elasticities						
α	0.151***	0.022	6.61	0.119***	0.029	3.98
β	0.057**	0.024	2.38	0.064***	0.016	3.92
λ	0.036***	0.007	4.92	0.012*	0.007	1.77
γ	-0.105***	0.024	-4.23	-0.116***	0.026	-4.39
ε_{YT}	-1.015***	0.027	-36.56	-0.949***	0.006	-169.168

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

در حالی‌که این رقم برای سرمایه اجتماعی تنها ۰/۰۳۶ درصد است. نقش سرمایه انسانی بارزتر از سرمایه اجتماعی می‌باشد و انتظار می‌رود با فرض ثابت بودن سایر شرایط، در ازاء ۱۰ درصد افزایش به‌کارگیری سرمایه انسانی، بیش از ۰/۵ درصد افزایش تولید رخ دهد. مساعدت سرمایه زیست‌محیطی منفی و حایز اهمیت آماری است. به‌گونه‌ای که با فرض ثابت بودن سایر شرایط، انتظار می‌رود در ازاء ۱۰ درصد افزایش استفاده از این سرمایه تولید فراتر از یک درصد کاهش یابد. محیط‌زیست و منابع طبیعی ویژگی‌های کالای عمومی را نشان می‌دهد (۶۷) لذا ممکن است این ویژگی موجب تخصیص غیربهینه و در نهایت مساعدت اندک یا حتی مساعدت منفی آنها شود (۳۱).

تصریح اول قادر است با استفاده از متغیرهای مورد استفاده بیش از ۹۵ درصد از تغییرات در تولید سرانه نیروی‌کار را توضیح دهد. آماره‌های Q نیز حاکی از پایین بودن سطح خودهم‌بستگی است. هم‌چنین آماره J حاکی از تناسب مطلوب متغیرهای ابزاری مورد استفاده است.

در تصریح دوم شاخص بازبودن تجارت به‌عنوان متغیر تجارت مورد استفاده قرارگرفته است که ضریب آن افزایش قابل توجهی داشته است. به این معنی که با افزایش ۱۰ درصدی شاخص بازبودن تجارت، تولید سرانه اقتصاد ایران می‌تواند ۱/۳ درصد افزایش یابد. به نظر می‌رسد در مقایسه با تصریح قبل استفاده از متغیر بازبودن تجارت موجب کاهش نقش سرمایه فیزیکی به نفع متغیر تجارت شده است. ضریب متغیرهای خسارت، سرمایه فیزیکی و سرمایه‌گذاری سربه‌سر کاهش یافته است. البته هنوز هم می‌توان گفت که در ازاء یک درجه افزایش دما کاهش تولید فراتر از ۵/۲ درصد خواهد بود. این تصریح از توان توضیح دهندگی بالایی برخوردار است و آماره‌های تشخیص نیز حاکی از مطلوب بودن تصریح است.

الگوی دوم (تصریح‌های بدون تجارت)

همان‌طور که عنوان شد، در تصریح‌های این الگو مشخص گردید که استفاده از متغیر تجارت مساعدت معنی‌داری به توان توضیح‌دهندگی مدل نمی‌کند. لذا این تصریح‌ها بدون این متغیر برآورد شد. نتایج حاصل از برآورد ضرایب کشش در این تصریح‌ها در جدول‌های ۲ تا ۶ آمده است. به‌عنوان مثال اگر در جدول ۲ ضریب بالا سمت راست که معادل ۱/۰۶- است را مورد توجه قرار دهیم به این معنی است که برگرفته از تصریحی است که در آن متغیر سرمایه انسانی نرخ باسوادی(sh_1)، متغیر سرمایه اجتماعی تغییرات خط تلفن (ss_1) و متغیر سرمایه زیست‌محیطی نسبت تولید کشاورزی به GDP (sz_1) است. به‌منظور رعایت اختصار، یافته‌های این قسمت تنها شامل ضرایب پارامترهای کشش می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب کشش تولید سرانه نسبت به متغیر دما ε_{YT}

Table 2- Elasticity coefficients of per capita production with respect to temperature ε_{YT}

سرمایه انسانی Human capital	سرمایه زیست‌محیطی Environmental capital				سرمایه اجتماعی Social capital
	SZ_1	SZ_2	SZ_3	SZ_4	
Sh_1	-1.06***	-0.89***	-1.00***	0.95***-	SS_1
Sh_2	-1.01***	-1.17***	-1.13***	-	SS_1
Sh_3	-0.95***	-0.92***	-0.97***	1.00***-	SS_2
Sh_1	-1.00***	1.14***-	-0.97***	1.00***-	SS_2
Sh_2	-0.98***	1.05***-	-1.07***	-0.89***	SS_2
Sh_3	-0.92***	-0.92***	-0.89***	-0.92 ***	SS_2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

sh_1، sh_2 و sh_3 به ترتیب نرخ باسوادی، تغییرات تعداد دانشجویان و نرخ ثبت‌نام در مدارس ابتدایی

sh_1, sh_2 and sh_3 are literacy rate, changes in the university students number and the primary school enrolment rate, respectively

ss_1 و ss_2 به ترتیب تغییرات خطوط تلفن و درصد افراد دارای اینترنت

ss_1 and ss_2 are the changes in the phone lines and the percentage of people with internet access

sz_1، sz_2، sz_3 و sz_4 به ترتیب نسبت تولید کشاورزی به GDP، تولید معدن نسبت به GDP، نسبت تولید نفت به GDP و ارزش تولید نهایی منابع طبیعی

sz_1, sz_2, sz_3 and sz_4 are agricultural production-GDP ratio, mining production-GDP ratio, oil production-GDP ratio and the value of natural resources' marginal product, respectively

ابتدا یافته‌های به‌دست‌آمده برای مقادیر کشش تولید نسبت به متغیر دما ε_{YT} در جدول ۲ ارایه شده است. در تمام تصریح‌ها ضریب کشش تولید نسبت به دما حایز اهمیت آماری است و ضرایب عمدتاً در دامنه ۱/۲–۰/۹ قرار دارد. در مطالعه اربکس و بتو (۱۱) ضریب خسارت برای کانادا برای افزایش ۲–۱ درجه دما منفی و معادل ۰/۹۹–۰/۷۴ برآورد شده است. صرف‌نظر از متغیر مورد استفاده برای سرمایه انسانی، اجتماعی و زیست‌محیطی ضریب منفی و حایز اهمیت آماری برای متغیر دما مشاهده می‌شود. اما به‌طور نسبی می‌توان گفت در تصریح‌هایی که از نرخ ثبت‌نام در مدارس ابتدایی (sh_3) و درصد افراد دارای اینترنت (ss_2) استفاده شده است، ضرایب کشش تولید نسبت به دما پایین‌تر است و از سوی دیگر در تصریح‌هایی که از تغییرات تعداد دانشجویان (sh_2) و تغییرات خطوط تلفن (ss_1) استفاده شده است ضرایب تا حدودی بالاتر به‌دست آمده است.

مقادیر کشش تولید نسبت به سرمایه فیزیکی در جدول ۳ ارایه شده است. با درنظر گرفتن اهمیت آماری ضرایب، بازده سرمایه فیزیکی ۰/۱۸–۰/۰۶ به‌دست آمده است. بازده سرمایه فیزیکی در مطالعه فرجزاده و همکاران (۳۱) و شاه‌آبادی (۷۱) به ترتیب ۰/۲۶–۰/۱۲ و ۰/۴۷ برآورد شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ترکیب استفاده از نرخ ثبت‌نام در مدارس ابتدایی و تغییرات خط تلفن مقادیر بالاتر کشش تولید سرمایه فیزیکی را به‌همراه دارد. لذا به‌طور تلویحی می‌توان این دو متغیر را در مقایسه با انواع دیگر متغیرها، جایگزین مطلوب‌تر ارزیابی نمود. کشش سرمایه فیزیکی در تصریح‌هایی که از متغیر ارزش تولید نهایی استفاده کرده‌اند بالاتر و از دامنه نوسان پایین‌تر برخوردار است.

جدول ۳- ضرایب کشش تولید سرانه نسبت به سرمایه فیزیکی

Table 3- Elasticity coefficients of per capita production with respect to physical capital

سرمایه انسانی Human capital	سرمایه زیست‌محیطی Environmental capital				سرمایه اجتماعی Social capital
	SZ_1	SZ_2	SZ_3	SZ_4	
Sh_1	0.76	0.11**	0.11*	0.10	SS_1
Sh_2	0.12**	0.18***	0.10	-	SS_1
Sh_3	0.12	0.16**	0.15**	0.13***	SS_2
Sh_1	-0.02	0.16***	-0.08	0.15***	SS_2
Sh_2	0.06***	0.11***	0.09***	0.08**	SS_2
Sh_3	0.08	0.04	-0.05	0.10***	SS_2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول (۴) مقادیر کشش تولید نسبت به نرخ پس‌انداز سرمایه انسانی را نشان می‌دهد. با نگاه به اهمیت آماری می‌توان گفت کشش تولید نسبت به سرمایه انسانی عمدتاً در دامنه ۰/۰۵–۰/۰۲ قرار دارد. فرج زاده و همکاران (۳۱) بازده سرمایه انسانی را ۰/۱۹–۰/۱۰ برآورد کردند[1]. اثر منفی یا فاقد اهمیت آماری سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در مطالعات دیگر نیز مشاهده می‌شود (۴۹). از میان انواع متغیرهای به‌کار گرفته‌شده می‌توان انباشت نیروی انسانی دانش‌آموخته دانشگاهی (sh_2) را به‌عنوان معیاری مناسب برای سرمایه انسانی عنوان نمود. درخصوص تناسب این متغیر در مقایسه با دو متغیر دیگر ممکن است بتوان به کارکرد بالاتر افراد دارای تحصیلات دانشگاهی در مقایسه با افرادی که دارای دانش عمومی هستند اشاره نمود. درتصریح‌های شامل متغیر ارزش تولید نهایی منابع طبیعی به‌عنوان سرمایه زیست‌محیطی، بازده بالاتر و تقریباً در همه موارد حایز اهمیت آماری است.

مقادیر کشش تولید نسبت به سرمایه اجتماعی در جدول (۵) ارایه شده است. بازده سرمایه اجتماعی عمدتاً در دامنه ۰/۰۸–۰/۰۳ قرار دارد. در مطالعه مهدوی وعزیزمحمدلو (۴۸) و فرجزاده و همکاران (۳۱) نیز نقش بسیار محدودی برای سرمایه اجتماعی به‌دست آمد. در خصوص نقش محدود سرمایه اجتماعی روزتا–پالما و همکاران (۶۷) به ماهیت عمومی و استفاده بیش از حد از آن اشاره می‌کنند. به‌طور تقریبی می‌توان گفت در تصریح‌های شامل متغیر نسبت تولید بخش معدن به GDP، به عنوان نرخ پس‌انداز زیست‌محیطی، بالاترین مقادیر کشش تولید حاصل شده است. همچنین پایین‌ترین مقادیر کشش تولید سرمایه اجتماعی در این تصریح‌ها با حضور شاخص نسبت تولید بخش کشاورزی به GDP به عنوان سرمایه زیست‌محیطی حاصل شده است.

۱- تفاوت در شاخص‌های مورد استفاده و دوره زمانی از مهم‌ترین دلایل احتمالی این تفاوت نتایج است.

جدول ٤- ضرایب کشش تولید سرانه نسبت به سرمایه انسانی

Table 4- Elasticity coefficients of per capita production with respect to human capital

سرمایه انسانی Human capital	سرمایه زیست‌محیطی Environmental capital				سرمایه اجتماعی Social capital
	SZ_1	SZ_2	SZ_3	SZ_4	
Sh_1	-0.02	-0.08	0.09	0.06	SS_1
Sh_2	0.04**	0.03***	0.02**	-	SS_1
Sh_3	-0.07	-0.08	-0.02	0.06	SS_2
Sh_1	0.03	0.00	0.02	0.05**	SS_2
Sh_2	0.04***	0.02***	0.02***	0.03***	SS_2
Sh_3	-0.18	-0.11	-0.08***	0.04	SS_2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٥- ضرایب کشش تولید سرانه نسبت به سرمایه اجتماعی

Table 5- Elasticity coefficients of per capita production with respect to social capital

سرمایه انسانی Human capital	سرمایه زیست‌محیطی Environmental capital				سرمایه اجتماعی Social capital
	SZ_1	SZ_2	SZ_3	SZ_4	
Sh_1	0.05***	0.07***	0.07***	0.03***	SS_1
Sh_2	0.04**	0.04***	0.04***	-	SS_1
Sh_3	0.02**	0.07***	0.07***	0.04***	SS_2
Sh_1	0.05***	0.09***	0.07***	0.03***	SS_2
Sh_2	0.03***	0.08***	0.05***	0.08***	SS_2
Sh_3	0.05***	0.08***	0.05***	0.07***	SS_2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٦- ضرایب کشش تولید سرانه نسبت به سرمایه زیست محیطی

Table 6- Elasticity coefficients of per capita production with respect to environmental capital

سرمایه انسانی Human capital	سرمایه زیست‌محیطی Environmental capital				سرمایه اجتماعی Social capital
	SZ_1	SZ_2	SZ_3	SZ_4	
Sh_1	0.07	-0.08	-0.15**	-0.11***	SS_1
Sh_2	-0.08	-0.01	0.06	-	SS_1
Sh_3	0.00	-0.10	0.09**	-0.11***	SS_2
Sh_1	0.05	-0.03	0.08	-0.10***	SS_2
Sh_2	-0.02	-0.05	0.01	-0.18***	SS_2
Sh_3	0.09	0.04	0.10	-0.17***	SS_2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۶ مقادیر کشش تولید نسبت به سرمایه زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. بازده سرمایه زیست‌محیطی اغلب منفی و در موارد زیادی فاقد اهمیت آماری است. بر حسب مقدار مطلق، می‌توان گفت ضرایب کشش سرمایه زیست‌محیطی در تصریح‌هایی که از متغیر ارزش تولید نهایی به عنوان سرمایه زیست‌محیطی استفاده کرده‌اند بالاتر است. در مورد این نوع از سرمایه نیز ماهیت عمومی بودن (۶۷) می‌تواند حایز اهمیت باشد. یافته‌های تجربی حاکی از مساعدت پایین نفت به رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک (۶۰) و ایران (۵۳) است. تا آنجا که کاستانتینی و مونی (۲۰) اثر منابع معدنی و نفت را بر رشد

اقتصادی بازدارنده عنوان نموده‌اند[۱].

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مطالعه با هدف تحلیل اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی صورت گرفت. برای این منظور از الگوی رشد نئوکلاسیک سولو-سوان استفاده گردید. متغیر بیانگر تغییر اقلیم در قالب تابع خسارت یا زیان در مدل رشد وارد شد که در آن خسارت تابعی مستقیم از درجه حرارت می‌باشد. در ادامه، تکنولوژی افزون بر حالت برون‌زا که در مدل پایه سولو-سوان مطرح است در قالب تجارت لحاظ شد.

مقادیر میانگین محاسبه‌شده حاکی از روند افزایشی میانگین دما بود. در مطالعه عباس‌پور و همکاران (۲) نیز تغییر اقلیم به‌صورت افزایش دما مورد تأکید قرار گرفته است. یافته‌های مطالعه به‌وضوح حاکی از اثر منفی افزایش دما بر تولید در اقتصاد ایران بود. به‌گونه‌ای که مشاهده شد با افزایش دما به میزان یک درصد تولید به میزان ۱/۲-۰/۹ درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به میانگین دما در ایران در دوره منتخب (۱۸/۰۶ سانتی‌گراد) در اثر افزایش ۲-۱ درجه‌ای دما (۴۳) که پیش‌تر نیز عنوان شد تولید به میزان ۶/۶-۵ الی ۱۳/۳-۱۰ درصد کاهش خواهد یافت. کاهش تولید ناشی از افزایش دما در مطالعات متعدد (۱۸، ۲۴ و ۴۵) مورد تأکید قرار گرفته است.

افزون بر متغیر اقلیمی دما که از مهم‌ترین متغیرهای این مطالعه می‌باشد، متغیرهای سرمایه از اجزای مهم مدل رشد نئوکلاسیکی است. بازده سرمایه فیزیکی در اقتصاد ایران در حدود ۰/۱۶-۰/۰۸ حاصل شد. در میان انواع سرمایه مشخص گردید که همانند مطالعه فرج‌زاده و همکاران (۳۱) و شاه‌آبادی (۷۱)، سرمایه فیزیکی مهم‌ترین منبع رشد اقتصادی ایران است. اما نقش چندانی برای سرمایه انسانی به دست نیامد. در خصوص اهمیت و ضریب پایین سرمایه انسانی می توان به برخی دلایل احتمالی اشاره نمود. از جمله می‌توان به عدم انطباق آموزش‌ها با ساختار تولید اشاره نمود. دلیل دیگر می‌تواند نقص در نظام اشتغال و عدم اشتغال افراد در زمینه‌های تخصصی مربوطه باشد (۳۱ و ۷۳). به‌طور مشخص تنها حدود ۲۲ تا ۲۵ درصد فارغ‌التحصیلان رشته‌های کشاورزی و مهندسی در مشاغل تخصصی فعالیت می‌کنند. در همین زمینه یافته‌های مطالعه فلیحی (۲۸) نشان داد در صورتی که فارغ‌التحصیلان کشاورزی و مهندسی همگی در بخش‌های مربوطه شاغل شوند، ارزش‌افزوده این بخش‌ها ۳/۸-۳/۷ درصد افزایش خواهد یافت.

به‌طور نسبی نقش سرمایه اجتماعی در مقایسه با سرمایه انسانی بارزتر است. البته ضریب آن در مقایسه با ضریب به‌دست آمده برای سرمایه فیزیکی در سطح پایینی قرار دارد اما افزون بر علامت مثبت، حایز اهمیت آماری است. ضریب متغیر سرمایه اجتماعی بین ۰/۰۸-۰/۰۳ متغیر است. در مطالعه موسوی و زارعی (۵۶) ضریب متغیر سرمایه اجتماعی در تصریح‌های شامل متغیر "درصد افرادی که از اینترنت استفاده می‌کنند" ۰/۲۰-۰/۰۷ و در تصریح‌های شامل متغیر "تغییرات خط تلفن" بین ۰/۰-۰۹/۲۱ دارای نوسان است. در مطالعات متعددی همانند مهدوی و عزیزمحمدلو (۴۸)، سعادت (۶۸) و فرج‌زاده و همکاران (۳۱) مساعدت سرمایه اجتماعی به تولید در سطح پایین به‌دست آمده است. به اعتقاد روزتا-پالما و همکاران (۶۷) ماهیت عمومی سرمایه اجتماعی موجب شده است تا هزینه آن به‌طور کامل توسط بنگاه‌ها پرداخت نشود و فراتر از آن‌چه مکانیزم بازار توصیه می‌کند استفاده شود.

سرمایه زیست‌محیطی از نظر مقدار مطلق ضریب، از اهمیت پایینی برخوردار است و نکته حایز اهمیت دیگر نقش منفی این ضریب است. این امر می‌تواند ناشی از چند بعدی‌بودن محیط‌زیست باشد. به‌نحوی که شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه هر کدام به تنهایی قادر به بیان نقش محیط‌زیست نیستند (۵۶). البته متغیر ارزش تولید نهایی منابع طبیعی بهتر از سایر متغیرها نقش سرمایه زیست‌محیطی را تبیین می‌کند. محیط‌زیست نیز ویژگی کالای عمومی را نشان می‌دهد (۵۶) و ممکن است این ویژگی موجب تخصیص غیربهینه و در نهایت مساعدت منفی محیط‌زیست شود (۳۱).

با توجه به اهمیتی که متغیر تجارت در رشد اقتصادی دارد، در تعمیم مدل رشد، متغیر تجارت نیز وارد شد. نتایج مطالعه فرج‌زاده و همکاران (۳۲) نشان می‌دهد که از بین بردن موانع تجاری موجب افزایش تولید ناخالص داخلی به دلیل افزایش بهره‌وری می‌شود. نقش تجارت با استفاده از دو متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و درجه بازبودن تجارت ارزیابی شد. مساعدت متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در سطح پایینی به‌دست آمد. در خصوص این مساعدت پایین چند دلیل قابل بیان است. نخست این‌که نوسان در مقادیر سرمایه‌گذاری خارجی بسیار بالا است و حتی در برخی از سال‌ها مقدار آن منفی بوده است (۸۱). برای تحقق سرمایه‌گذاری، تأمین شرایط مطلوب مرتبط با آن مانند امنیت ضروری است. یکی از عوامل فرار سرمایه افزایش نرخ ارز است. با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کاهش انتظاری در ارزش پول رایج داخلی باعث می‌شود کارگزاران اقتصادی دارایی‌های داخلی خود را به دارایی‌های خارجی تبدیل نمایند (۳).

استفاده از متغیر درجه بازبودن تجارت موجب افزایش قابل توجه ضریب تجارت و مساعدت متغیر تجارت شد. تناسب این شاخص برای متغیر تجارت در مطالعه اکبریان و زارع‌حقیقی (۵) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. حذف موانع تجاری از طریق بهبود تخصیص منابع و لذا افزایش بهره‌وری موجب افزایش تولید می‌شود (۳۲). این متغیر در

۱- این یافته هم‌جهت با فرضیه "نفرین منابع طبیعی" است که در مطالعات متعددی (۹، ۷۴، ۵۵، ۱۰ و ۲۳) به آن اشاره شده است.

واقع آزادسازی تجاری را نمایندگی می‌کند و اثر مثبت آزادسازی تجاری در مطالعات متعدد داخلی (۱۲ و ۳۲) و خارجی (۴۶ و ۴۷) مورد اشاره قرار گرفته است. البته در عین حال باید توجه داشت که مساعدت فعلی متغیر تجارت به رشد اقتصادی بر اساس ساختار اقتصاد ایران در دوره مطالعه قابل حصول است. چه بسا تغییرات ساختاری مناسب و حرکت در جهت اقتصاد بازار بتواند زمینه مساعدت بیش‌تر را برای این متغیر فراهم نماید. به گونه‌ای که مهرآرا و رضایی‌برگشادی (۵۲) معتقدند بخش عمده‌ای از پتانسیل موجود در تجارت آزاد در اقتصاد ایران زمینه دست‌یابی ندارد.

از متغیر با وقفه تولید نیز بهره گرفته شد. این متغیر افزون بر مساعدت به مقابله با خودهم‌بستگی (۱۴) دارای ویژگی مهمی از نظر نمایندگی اثر توأم با تأخیر سایر متغیرهای توضیحی است. زیرا افزون بر خطای اندازه‌گیری می‌تواند اثر با تأخیر زمانی متغیرهای توضیحی را نیز در برگیرد (۵۱). با توجه به ماهیت متغیرهای سرمایه‌ای مورد استفاده، این نقش می‌تواند حایز اهمیت باشد. لذا باید بخشی از اثر متغیرهای سرمایه‌ای را توأم با تأخیر در نظر گرفت. در عین حال باید با احتیاط نیز برخورد نمود. زیرا همان‌طور که عنوان شد این متغیر هم می‌تواند خطای اندازه‌گیری را نمایندگی کند (۵۱) و هم توأم با تورش رو به پایین است. به نحوی که استفاده از ضریب آن برای محاسبه اثر بلندمدت مورد تردید است (۶۳). البته با توجه به ضرایب بالا و حایز اهمیت آماری باید عنوان نمود که بخش مهمی از اثر متغیرهای سرمایه‌ای با تأخیر بروز خواهد نمود.

پیشنهادها

اثر منفی تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران احراز گردید. برای کاهش این اثر منفی تمرکز بر روی افزایش انباشت سایر انواع سرمایه و به‌ویژه سرمایه فیزیکی و استفاده از ظرفیت تجارت خارجی توصیه می‌شود.

مشخص گردید دانش نیروی‌کار یا سرمایه انسانی دارای مساعدت مطلوبی نمی‌باشد. بازنگری در نظام آموزشی و بازنگری در الگوی استخدام نیروی‌کار ضرورت دارد.

سرمایه فیزیکی مهم‌ترین نقش را در رشد اقتصادی ایفا می‌کند. ضمن توصیه بسیج پس‌انداز داخلی، می‌توان به جذب سرمایه‌های خارجی به‌عنوان یک توصیه سیاستی اشاره نمود.

آزادسازی تجاری در سطح کل اقتصاد زمینه رشد اقتصادی را فراهم می‌کند و از این منظر آزادسازی تجاری توصیه می‌شود. اما لازم است پیامدهای توزیعی آن نیز مورد کنکاش قرار گیرد.

استفاده از شاخص‌های ساده مانند نسبت منابع طبیعی به GDP برای تبیین نقش سرمایه زیست‌محیطی ناقص به‌نظر می‌رسد و ضمن پیشنهاد استفاده از ارزش تولید نهایی منابع طبیعی به‌عنوان معیاری از سرمایه زیست‌محیطی، تلاش برای یافتن متغیرهای مبتنی بر مفاهیم سرمایه طبیعی توصیه می‌شود.

منابع

1- Aaheim A., Amundsen H., Dokken T., and Wei T. 2012. Impacts and adaptation to climate change in European economies. Global Environmental Change 22(4): 959-968.

2- Abbaspour K.C., Faramarzi M., Ghasemi S.S., and Yang H. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Resources Research 45(10): 1-16. (In Persian with English abstract)

3- Afshari Z., Yazdanpanah A., and Rahmatizadeh A. 2009. Relationship between FDI and Capital Flight. Journal of Monetary and Banking 2: 79-102. (In Persian with English abstract)

4- Afzal M., Rehman H.U., Farooq M.S., and Sarwar K. 2011. Education and economic growth in Pakistan: A cointegration and causality analysis. International Journal of Educational Research 50(5-6): 321-335.

5- Akbarian R., and Zare Haghighi N. 2011. The impact of openness and growth on poverty in Iran. Quantative Economics 8: 25-50. (In Persian with English abstract)

6- Almasi M., Sohaili K., and Sepahban Gharehbaba A. 2011. Investigation of effect of investment on higher education on economic growth of Iran during 1971-2005. Journal of Macroeconomic Rrsearch 11: 13-34. (In Persian with English abstract)

7- Aluaro M.P., and Miguel S. 2004. Comparing macroeconomic returns on human and public capital: An empirical analysis of the Portuguese case. Journal of Policy Modeling 1: 314-335.

8- Alvarez R., and Lopez R.A. 2008. Is exporting a source of Spillovers?. Review of World Economics 144: 723-749.

9- Amini A., and Elmi Z. 2017. Approaches about natural resources cures. Comparative Economics 6: 1-43. (In Persian with English abstract)

10- Andersen A.D., Johnson B.H., Marín A., Kaplan D., Stubrin L., Lundvall B.Å., and Kaplinsky R. 2015. Natural resources, innovation and development, Aalborg Universitetsforlag.

11- Arbex M., and Batu M. 2017. Weather and Climate Change in a Real Business Cycle Model (No. 1707).

12- Asadpour A.A. 2017. The effect of trade liberalization on economic growth in Iran. Teritory 55:17-36. (In Persian

with English abstract)
Ashraf Vaghefi S.A., Keykhai M., Jahanbakhshi F., Sheikholeslami J., Ahmadi A., Yang H., and Abbaspour K.C. 2019. The future of extreme climate in Iran. Scientific Reports 9(1): DOI: 10.1038/s41598-018-38071-8.
13- Baltagi B.H. 2008. Econometric Analysis of Panel Data. Chichester, John Wiley& Sons Ltd.
14- Barkhordar Z.A., and Saboohi Y. 2013. Assessing alternative options for allocating oil revenue in Iran. Energy Policy 63: 1207–1216.
15- Beugelsdijk S., and Van Schaik T. 2005. Social capital and growth in European regions: An empirical test. European Journal of Political Economy 21(2): 301-324.
16- Blanco L., and Grier R. 2012. Natural resource dependence and the accumulation of physical and human capital in Latin America. Resources Policy 37(3): 281-295.
17- Calzadilla A., Zhu T., Rehdanz K., Tol R.S., and Ringler C. 2013. Economywide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. Ecological Economics 93: 150-165.
18- Central Bank of Iran 2014. Available at: http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx.
19- Costantini V., and Monni S. 2008. Environment, human development and economic growth. Ecological Economics 64(4): 867-880.
20- Dinda S. 2008. Social capital in the creation of human capital and economic growth: A productive consumption approach. The Journal of Socio-Economics 37(5): 2020-2033.
21- Dixon P., Rimmer M., and Wittwer G. 2007. The 2006–07 drought in Australia: Analysis in TERM-H2O. 36th Annual Conference of Economists (pp. 24-26), Hobart.
22- Djeflat A., and Lundvall B.Å. 2016. The resource curse and the limited transformative capacity of natural resource-based economies in Africa: evidence from the oil and gas sector in Algeria and implications for innovation policy. Innovation and Development 6(1): 67-85.
23- Du D., Zhao X., and Huang R. 2017. The impact of climate change on developed economies. Economics Letters 153: 43-46.
24- Elmi Z., and Jamshidnejad A. 2007. The effect of education on economic growth of Iran in 1971-2003. Journal of Humanities and Social Sciences 26: 135-154. (In Persian with English abstract)
25- Enders W. 2004. Applied Econometric Times Series. 2n edition, John Wiley & Sons.
26- Estrada F., Tol R.S., and Gay-García C. 2015. The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change. Environmental Modelling & Software 69: 155-165.
27- Falihi N. 2008. An investigation of higher education effects on economic growth in Iran. Financial Economics (Financial and Development Economics) 5: 36-61. (In Persian with English abstract)
28- Fankhauser S., and Tol R.S. 2005. On climate change and economic growth. Resource and Energy Economics 27(1): 1-17.
29- Farajzadeh Z. 2018. Emissions tax in Iran: Incorporating pollution disutility in a welfare analysis. Journal of Cleaner Production 186: 618-631.
30- Farajzadeh Z., Amadeh H., and Omrani M. 2017. Determinants of Iranian economic growth. Journal of Economic Research 52(3): 663-686. (In Persian with English abstract)
31- Farajzadeh Z., Zhu X., and Bakhshoodeh M. 2017. Trade reform in Iran for accession to the World Trade Organization: Analysis of welfare and environmental impacts. Economic Modelling 63: 75-85.
32- Ganegodage K.R., and Rambaldi A.N. 2011. The impact of education investment on Sri Lankan economic growth. Economics of Education Review 30(6): 1491-1502.
33- Gharibnavaz M.R., and Waschik R. 2015. Food and energy subsidy reforms in Iran: A general equilibrium analysis. Journal of Policy Modeling 37: 726–741.
34- Hahn M.B., Riederer A.M., and Foster S.O. 2009. The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change (A case study in Mozambique). Global Environmental Change 19(1): 74-88.
35- Huong N.T.L., Bo Y.S., and Fahad S. 2018. Economic impact of climate change on agriculture using Ricardian approach: (A case of northwest Vietnam). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 103: 1-9.
36- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Glossary Climate Change: Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press, Lodon.
37- IPCC. 2014. Fifth Assessment Report - Impacts, Adaptation and vulnerability. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Cambridge University Press, Lodon.
38- Iran’s Energy Balance 2015. Deputy of Electricity and Energy Affairs, Ministry of Energy. Avaialable at http://pep.moe.org.ir.
39- Iranian Metorological Grganization 2015. Avaialable at http://www.irimo.ir/eng/index.php.
40- Ishise H., and Sawada Y. 2009. Aggregate returns to social capital: Estimates based on the augmented augmented-Solow model. Journal of Macroeconomics 31(3): 376-393.
41- Jafari M., Eslamlouyan K., Hadian H., and Samadi A.H. 2014. The effect of social infrastructure on economic growth in a resource-rich economy: The case of Iran. Journal of Iranian Energy Economics 12: 27-60. (In Persian

with English abstract)
42- Kemfert C. 2008. Climate Protection Requirements–the Economic Impact of Climate Change. Handbook Utility Management Springer, Berlin: Heidelberg 725-739.
43- Keshavarz A.R. 2019. Determinants of economic growth in Iran emphasizing on natural capital. MSc Thesis of Agricultural Economics, Shiraz University. (in Persian with English abstract)
44- Khaleghi S., Bazzazan F., and Madani S.H. 2015. The effects of climate change on agricultural production and Iranian economy. Journal of Agricultural Economics Research 25: 113-135. (in Persian with English abstract)
45- Kim S.H., and Kose M.A. 2014. Welfare implications of trade liberalization and fiscal reform: A quantitative experiment. Journal of International Economics 92: 198–209.
46- Liyanaarachchi T.S., Naranpanawa A., and Bandara J.S. 2016. Impact of trade liberalisation on labour market and poverty in Sri Lanka. An integrated macro–micro modelling approach. Economic Modelling 59: 102–115.
47- Mahdavi A., and Azizmohammadlou H. 2013. The effect of social capital on industrial growth through the innovation and technology improvement. Journal of Economic Research 48(1): 179-201. (In Persian with English abstract)
48- Managi S., Hibi A., and Tsurumi T. 2009. Does trade Openness Improve Environmental Quality?. Journal of Environmental Economics and Management 58: 346–363.
49- Mansouri B. 2004. Impact of drought and fiscal policy on private consumption, private investment and economic growth in Morocco: An empirical analysis. Workshop on the prospects of Arab economic cooperation to boost savings and investment Alexandria, Egypt.
50- McKinnish T. 2005. Lagged dependent variables and specification bias. Economics Letters 88(1): 55-59.
51- Mehrara M., and Rezaei Bargoshadi S. 2016. The determinants of economic growth in Iran based on bayesian model averaging and weighted averaging least square. Economic Grwoth and Development Research 23:89-114. (in Persian with English abstract)
52- Mehrgan N., Daneshkhah A., Chatrabgoun O., Ahmadi R., and Tishekani F. 2014. Examine Dutch disease phenomena and oil shock influence on the Iran’s macroeconomic variables by copula approach. Journal of Economic Research 49(2): 411-428. (In Persian with English abstract)
53- Mo K.J. 2006. An estimation of growth model for South Korea using human capital. Journal of Asian Economics 17: 852-866.
54- Momeni F., and Samadian F. 2013. The effect of institutional quality on the mechanisms of turning oil blessing into a curse (a case-study on Iran). Economic Research 50: 17-62. (In Persian with English abstract)
55- Mousavi S.N., and Zarei S. 2017. Environmental and social capital contribution to Iranian economic growth. Agricultural Economics 11(1): 185-209. (In Persian with English abstract)
56- Nejati M., and Akbarifard H. 2018. Spillover effects of exportsinmanufacturing industries sector: The case of Iran. Quarterly Journal of New Economy and Trade 38: 141-166. (In Persian with English abstract)
57- Nili M., and Nafisi S.H. 2003. Human capital, education distribution of labour force and economic growth: the case of Iran. Iranian journal of Economic Research 17: 1-31. (In Persian with English abstract)
58- OECD. 2001. The evidence on social capital. In The well-being of nations: The role of human and social capital. Paris.
59- Pourfaraj A.R., and Khaleghian A. 2014. The effect of oil export concentration on economic growth in OPEC countries. Economic Growth and Development Research 14: 93-112. (In Persian with English abstract)
60- Rahmani T., and Amiri M. 2007. The effect of trust on economic growth in provinces of Iran by spatial econometric method. Journal of Economic Research 42(2): 23-57. (In Persian with English abstract)
61- Rao B.B. 2010. Estimates of the steady state growth rates for selected Asian countries with an extended Solow model. Economic Modelling 27: 46–53.
62- Reed W.R., and Zhu M. 2017. On estimating long-run effects in models with lagged dependent variables. Economic Modelling 64: 302-311.
63- Reidsma P., Lansink A.O., and Ewert F. 2008. Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 14(1): 35-59.
64- Renani M., Emadzadeh M., and Moayedfar R. 2006. Social capital economic growth: Providing a theoretical model. Humaniti Journal of Esfahan University 21(2): 133-151. (In Persian with English abstract)
65- Rezaei M., Yavari K., Ezzati M., and Etesami M. 2007. Analysis of the effect of the abundant natural resources (oli & gas) on financial repression and economic growth through the income distribution channels. Journal of Iranian Energy Economics 14: 89-122. (In Persian with English abstract)
66- Roseta-Palma C., Ferreira-Lopes A., and Sequeira T.N. 2010. Externalities in an endogenous growth model with social and natural capital. Ecological Economics 69: 603–612.
67- Saadat R. 2008. The estimation of social capital in Iran. Journal of Economic Research 43(2): 41-56. (In Persian with English abstract)
68- Sachs J. D., and Warner A.M. 2001. The curse of natural resources. European Economic Review, 45(4-6): 827-

838.
69- Sala-i-Martine X., and Subramanian A. 2003. Addressing Natural Resource Curse: An illustration from Nigeria. National Bureau of Economic Research Working Paper 9804. (No. 3-139), International Monetary Fund.
70- Shahabadi A. 2012. Rate of returns expenditure research and development and physical investment in the Economic of Iran. Financial Monetary Economics 19(4): 185-205. (In Persian with English abstract)
71- Shahnoushi Foroshani N. 2003. The impacts of drought on the agriculture sector and economy of Iran: An estmation in macroeconometric modelling approaches. PhD Thesis. University of Tehran. (in Persian with English abstract)
72- Shajari S., Farajzadeh Z., and Salah A. 2018. Prioritizing credit allocation in Fars province agriculture subsector using neoclassical growth model. Agricultural Economics and Development 103: 31-52. (In Persian with English abstract)
73- Shakeri A., Mohammadi T., Nazeman H., and Taherpoor J. 2013. A study on the occurrence of the Dutch disease in Iranian economy and its impact on economic growth. Economic Research 50: 63-86. (in Persian with English abstract)
74- Souri A. 2005. The growth residual: Human capital or social capital. Useful Letter 51: 71-84. (In Persian with English abstract)
75- Souri A. 2014. Social capital and its growth in Iran. Economic Research and Policies 69: 49-64. (In Persian with English abstract)
76- Statistical Center of Iran 2013. Available at https://www.amar.org.ir.
77- Thurlow J., Zhu T., and Diao X. 2009. The impact of climate variability and change on economic growth and poverty in Zambia (No. 890). International Food Policy Research Institute (IFPRI) Discussion Paper 00890 Zambia: 1-72.
78- Tsigaris P., and Wood J. 2016. A simple Climate-Solow model for introducing the economics of climate change to undergraduate students. International Review of Economics Education 23: 65-81.
79- Tzouvelekas E., Vouvaki D., and Xepapadeas A. 2007. Total factor productivity growth and the environment: A case for green growth accounting. Beijer International Institute of Ecological Economics.
80- UN Statistical Databases 2015. Available at http://data.un.org.
81- UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change) 2010. Iran (Islamic Republic of): Intended Nationally Determined Contribution. Available at http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx.

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 2, Summer 2020, p. 223-238

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۳۸-۲۲۳

The Effect of Climate Change on Economic Growth in Iran

Z. Malakoutikhah[1]**- Z. Farajzadeh**[2]*****
Received: 25-03-2020
Accepted: 27-07-2020

Introduction: The increase in greenhouse gases has affected global weather, resulting in changes in climate zones. Climate change is mostly characterized by changes in temperature. There is strong evidence showing that climate change will adversely affect the world especially developing countries in the following decades. Agricultural activities are more vulnerable to climate change as they are more dependent on water resources and temperature. Moreover, damages to agricultural activities may contract output in other sectors as well. Given the importance of the issue, Iran is a prominent example since it is located in an arid and semi-arid region, and its average annual precipitation is less than one-third of the global precipitation. In addition, there is a large body of literature indicating an increase in average temperature of Iran over the last decades. Therefore, this study aims to investigate the effect of climate change on the economic growth in Iran.

Materials and Methods: The Solow-Swan growth model was applied to investigate economic growth under climate changing environment. The growth models were estimated using time series data of 1350-1395 (1971-2016). In the growth model, a damage function, change in which damage is a function of temperature, was applied to examine the effect of climate changes. The growth model determinants are physical as well as other types of capital including human, social and environmental capitals. Internet access and phone access were used as proxies for social capital. Also, literacy rate, primary school enrolment rate, and university students were applied as proxies for human capital. Agriculture, mining, and oil and gas production were considered as proxies for natural and environmental resources. Another proxy for environmental capital was the value of natural resources marginal product. This variable is defined as the ratio of CO_2 damages to GDP. Trade impact on economic growth was also investigated through using Foreign Direct Investment (FDI) and trade openness variables. Also, to examine the trend of temperature, an ARMA model was used. GDP is technically considered as an endogenous variable so Generalized Method of Moments (GMM) method is applied.

Results and Discussion: The specification of ARMA model revealed two significant moving average trends including five-year and nine-year. These trends indicate an increasing average for temperature, leaving less doubt about the phenomenon of climate change. Our results showed that the increase in temperature will negatively affect economic growth. It was also found that one-degree increase in average temperature is expected to reduce Iranian GDP by 5-6.6 percent. Physical capital showed the highest contribution to Iranian GDP. Its contribution to the economic growth, in terms of elasticity, was found to be 0.08-0.16. The corresponding values for human and social capital were 0.02-0.06 and 0.03-0.08, respectively. However, environmental capital failed to affect the economic growth significantly. Among the variables applied for human capital, university students were found to play a more significant role. The insignificant effect of environmental capital on economic growth may be attributed to its nature that is used as a public good, resulting in intensive as well as irrational use. Among the variables applied for environmental capital, the value of natural resources marginal product showed a slightly strong effect, needing to be considered as a proxy for environmental capital. Also, FDI showed an insignificant effect; however, trade openness was found to affect economic growth positively.

Conclusion: The general trend of the economic growth in Iran is far from what is expected. In addition, this trend is threatening by, among the others, climate change which is characterized by increasing average temperature as well as decreasing precipitation. Also, as far as the capital is considered, economic growth in Iran is highly dependent on physical capital while the contribution of other types of capital including human, social and environmental capital is not significant. However, it is worth noting that environmental capital seems to be used intensively while for human capital reasons like inappropriateness of labor quality and education system is more acceptable. Even for physical capital, higher contribution is expected since the Iranian economy enjoys lower capital accumulation. It was also found that removing trade barriers and being more connected with the global economy may provide more opportunities to enjoy higher growth.

Keywords: Climate change, Capital, Solow growth model, Temperature

1 and 2- M.Sc. Student of Agricultural Economics and Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Shiraz University, Shiraz, respectively.
(*- Corresponding Author Email: zakariafarajzadeh@gmail.com)